TeraOhm 5kV

MI 2077

Bedienungsanleitung

Version 2.0, Nr. 20 750 892

METREL®

Händler:

Hersteller:

METREL d.d.
Ljubljanska cesta 77
SI-1354 Horjul

Tel.: +386 1 75 58 200
Fax: +386 1 75 49 226
E-mail: metrel@metrel.si
http://www.metrel.si

CE Das CE-Kennzeichen auf Ihrem Gerät bestätigt, dass dieses Gerät die EU-Richtlinien hinsichtlich Sicherheit und elektromagnetischer Verträglichkeit erfüllt.

© 2000 Metrel

Kein Teil dieser Veröffentlichung darf in irgendeiner Form oder durch irgendein Mittel ohne schriftliche Erlaubnis von METREL reproduziert oder verwertet werden.

1. Allgemeines 4
1.1. Merkmale 4
1.2. Anwendbare Standards 4
2. Gerätebeschreibung 5
2.1. Gerätegehäuse 5
2.2. Bedienoberfläche 5
2.3. Geräteanschlüsse 6
2.4. Geräteunterseite 7
2.5. Zubehör 7
3. Warnhinweise 8
4. Vor der Messung 10
4. 1. Das Prüfgerät einschalten 10
4.2. Geräte-Grundeinstellung 10
5. Messungen 12
5.1. Allgemeines über den Testen mit hohen Gleichspannungen 12
5.2. Guard-Anschluss 16
5.3. Zuschaltbare Filter 17
5.4. Spannungsmessung 18
5.5. Messung des Isolationswiderstandes 19
5.6. Diagnostischer Test 21
5.7. Spannungsabhängige Messung des Isolationswiderstands 24
5.8. Durchbruchspannung 26
6. Die Behandlung von Ergebnissen 29
6.1. Daten speichern - abrufen - löschen 29
6.2. Datenübertragung 31
7. Wartung 32
7.1. Überprüfung 32
7.2. Batteriewechsel 32
7.3. Reinigung 33
7.4. Kalibrierung 33
7.5. Service 33
8. Spezifikationen 34
8.1. Messungen 34
8.2. Allgemeine Spezifikationen 36

1. Allgemeines

1.1. Merkmale

TeraOhm 5kV ist ein batterie- bzw. netzgespeistes Prüfgerät zur Prüfung von Isolationswiderständen mit einer Prüfspannung von bis zu 5 kV. Es ist besonders einfach und zielgerichtet zu bedienen.

In der Entwicklung dieses Gerätes sind viele Jahre und Wissen und Erfahrung mit der Entwicklung und Herstellung von Geräten dieses Typs eingeflossen.

Als Funktionen stehen beim **TeraOhm 5kV** zur Verfügung:

- Messung sehr großer Isolationswiderstände bis zu 5 TΩ
  - Programmierbare Prüfspannung ab 250 V bis 5 kV
  - Programmierbarer Timer 1s bis 30 min
  - Automatische Entlandung des Prüflings nach Beendigung der Messung
  - Kapazitätsmessung
- Messung des Isolationswiderstandes in Abhängigkeit von der Prüfspannung (in Spannungsschritten)
  - Fünf definierte Prüfspannungspegel proportional abhängig von der eingestellten Prüfspannung
  - Programmierbarer Timer von 1min bis 30 min pro Prüfschritt
- Polarisationsindex PI, Dielektrisches Absorbtionsverhältnis DAR und Dielektrische Entladungskonstant DD
  - $PI = R_{ISO}\,(t2) / R_{ISO}\,(t1)$
  - *DAR = R01min / R15s*
  - $DD = I_{dis\,(1min)} / C{\cdot}U$
- Durchbruchspannung (DC) bis 5.5 kV
  - Programmierbare rampenartig ansteigende Prüfspannung ab 250 V bis 5 kV
  - Hochauflösende Rampe (ca. 20 V pro Schritt)
  - Programmierbarer Durchbruchstrom
- Spannungs- und Frequenzmessung bis 600 V AC/DC

Ein mit Punktmatrix aufgebautes LCD - Display bietet die Ergebnisse und zugeordneten Parameter leicht und klar lesbar an. Die Bedienung ist einfach und leicht verständlich. Der Anwender benötigt in der Regel neben der Lektüre und dem Verständnis der vorliegenden Bedienungsanleitung keine besondere Schulung.

Messergebnisse können im Gerät gespeichert werden. Eine professionelle PC-Software ermöglicht den einfachen Transfer von Daten bzw. Parametern in beide Richtungen.

1.2. Anwendbare Standards

Betrieb des Gerätes	IEC / EN 61557-2
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC)	IEC 61326 Class B
Sicherheit	EN / IEC 61010-1 (Prüfgerät), EN / IEC 61010-031 (Zubehör)

2. Gerätebeschreibung

2.1. Gerätegehäuse

Das Prüfgerät ist in ein Plastikgehäuse eingebaut, welches die Bedingungen der in den technischen Spezifikationen angegebenen Schutzklasse erfüllt. Ein Tragegurt, der am Gehäuse befestigt werden kann, ermöglicht die Tragen des Gerätes an einem Schulter- bzw. Halsgurt. Einige Hinweise zur Bedienung sind in Kurzform auf der Geräteunterseite immer zur Hand.

2.2. Bedienoberfläche

Die Bedienoberfläche auf der Frontseite des Gerätes besteht aus einer LCD (gerastert), einem Drehwahlschalter und einigen Tasten. Siehe dazu das untenstehende Bild.

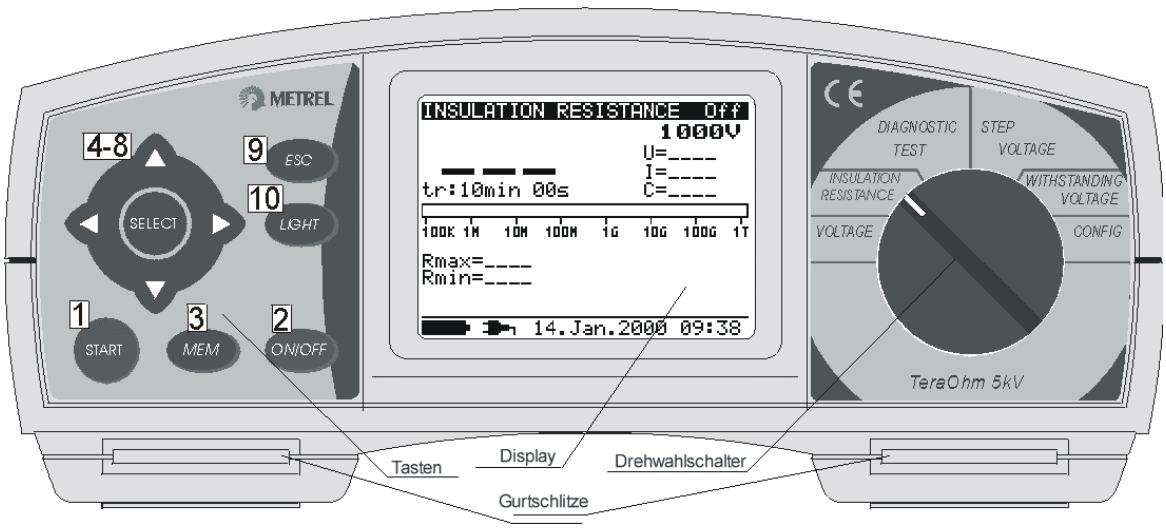


Bild 1. *Bedienoberfläche*

Erklärung:

1..... **START** Taste für alle Messungen
2..... **EIN/AUS** Ein-Ausschalter des Gerätes
3..... **SPEICHERN** Speicherbefehlstaste, speichert, ruft ab oder löscht Speicherinhalt
4..... **AUSWAHL Taste** Zugang in den Programmiermodus oder zur Setzen gewählter Parameter
5..... ▲ **Cursor** Taste aufwärts zur Auswahl in angezeigten Menus
6..... ▼ **Cursor** Taste abwärts zur Auswahl in angezeigten Menus
7..... ◀ **Cursor** Taste links verringert den Zahlenwert eines Parameters
8..... ▶ **Cursor** Taste rechts erhöht den Zahlenwert eines Parameters
9..... **ESC** Verlassen des im Augenblick aktuellen Menus oder Betriebsart
10..... **Licht** Ein- bzw. Ausschalten der Hintergrundbeleuchtung

2.3. Geräteanschlüsse

TeraOhm 5 kV hat folgende Anschlüsse:
- Drei Sicherheitsbuchsen für Bananenstecker (1, 2, 3),
- Schnittstellenanschluss für 9-pin RS 232 - Stecker (4)
- Anschlussdose für Netzkabel (5).

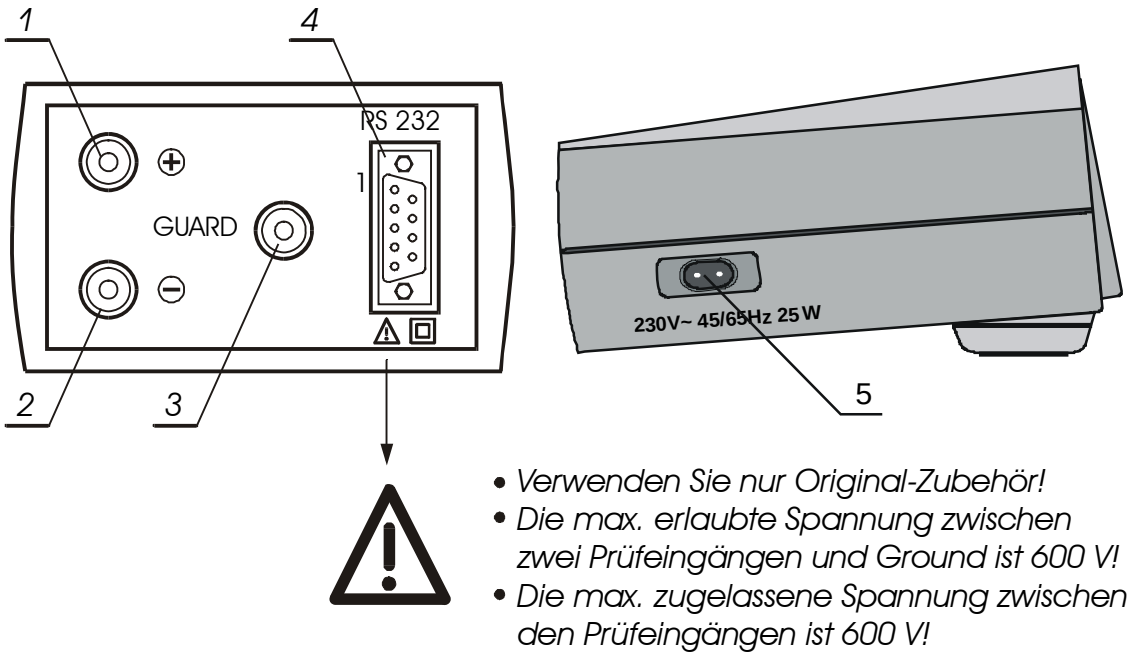


***Bild 2**. Anschlussplatte*

Erklärung:
1..... **Positiver Prüfeingang**.
2..... **Negativer Prüfeingang**
3..... **GUARD - Anschluss** Potential für die Ableitung von möglichen Leckströmen bei der Isolationsmessung
4..... Potentialfreie **RS 232 - Schnittstelle** zurm Aufbau einer Datenverbindung zu einem PC.
5..... Netzsteckbuchse für das Netzkabel bei Netzspannungsbetrieb

Warnhinweis
- Verwenden Sie unter allen Umständen keine andere als die auf dem Geräteaufkleber spezifizierte Netzspannung, da sonst das Gerät mit großer Sicherheitz zerstört werden kann!

2.4. Geräteunterseite

Die Geräteunterseite stellt sich wie unten skizziert dar. Unter zwei abschraubbaren Deckeln (2) werden bei Bedarf die Enden eines mitgelieferten Tragegurtes (1) befestigt.

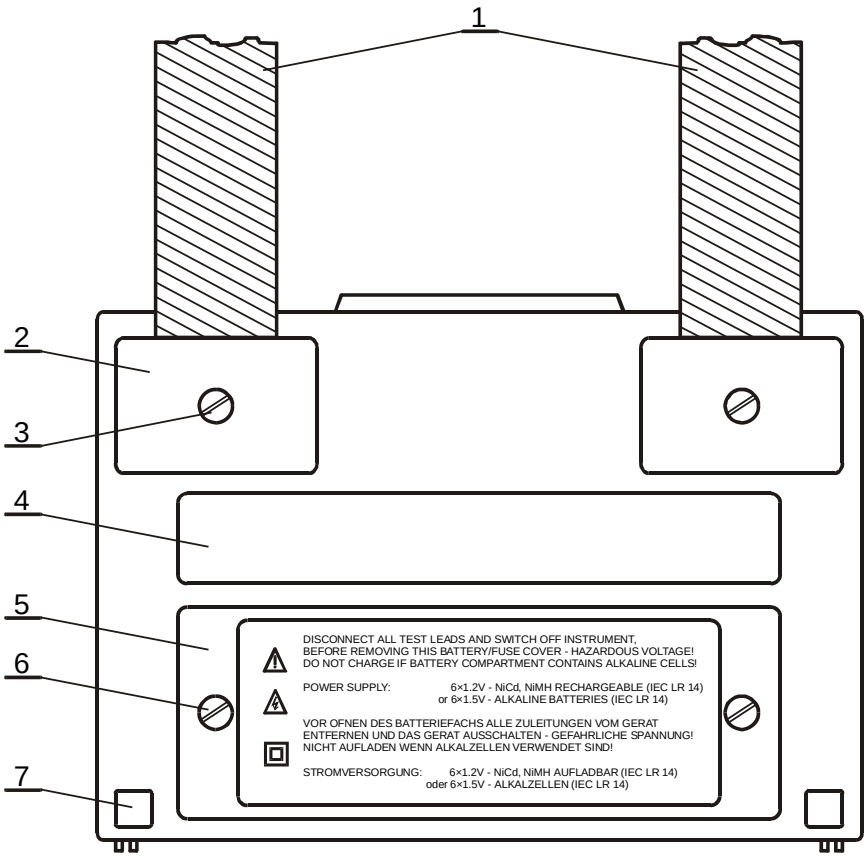

1
2
3
4
5
6
7
DISCONNECT ALL TEST LEADS AND SWITCH OFF INSTRUMENT,
BEFORE REMOVING THIS BATTERY/FUSE COVER - HAZARDOUS VOLTAGE!
DO NOT CHARGE IF BATTERY COMPARTMENT CONTAINS ALKALINE CELLS!
POWER SUPPLY: 6×1.2V - NiCd, NiMH RECHARGEABLE (IEC LR 14)
or 6×1.5V - ALKALINE BATTERIES (IEC LR 14)
VOR OFNEN DES BATTERIEFACHS ALLE ZULEITUNGEN VOM GERAT
ENTFERNEN UND DAS GERAT AUSSCHALTEN - GEFAHRLICHE SPANNUNG!
NICHT AUFLADEN WENN ALKALZELLEN VERWENDET SIND!
STROMVERSORGUNG: 6×1.2V - NiCd, NiMH AUFLADBAR (IEC LR 14)
oder 6×1.5V - ALKALZELLEN (IEC LR 14)

Bild 3*. Geräteunterseite*

Erklärung:
1..... Nylontragegurt (Gerät kann um den Hals gehängt werden).
2..... Plastikdeckel (Halterung für den Tragegurt)
3..... Schraube (Öffnen für die Haltegurtmontage bzw. zum Öffnen des Gehäuses).
4..... Aufkleber mit einer Liste der Messbereiche
5..... Deckel für das Batteriefach
6..... Schraube öffnen für den Batterietausch
7..... Gummifüße

2.5. Zubehör

Das Zubehör besteht aus dem Standard-Zubehör (im Lieferumfang) und optionalem Zubehör, welches Sie bei Ihrem METREL - Vertriebspartner käuflich erwerben können. Siehe dazu die dem Gerät beigefügte Liste oder fragen Sie Ihren METREL - Vertriebspartner .

3. Warnhinweise

Bitte beachten Sie die folgenden, wichtigen Warnhinweise, um sich selbst und auch das Gerät vor Schäden zu bewahren!

Bedeutung der Symbole

- **⚠ Dies Symbol auf dem Prüfgerät bedeutet: "Lesen Sie unbedingt sorgfältig die vorliegende Bedienungsanleitung!" Hier ist Handlung gefordert!**
- **⚠ Dies Symbol auf dem Prüfgerät bedeutet "Gefährliche Spannungen höher als 1000 V können gelegentlich an den Anschlüssen des Gerätes auftreten!"!**

Generelle Vorsichtsmassnahmen

- **Falls das Instrument in einer nicht in dieser Betriebsanleitung beschriebenen Art und Weise eingesetzt wird, können die eingebauten Sicherheitseinrichtungen außer Kraft gesetzt werden!**
- **Für den Fall, dass irgendwelche Beschädigungen an Gerät oder Zubehör erkennbar sind, darf beides nicht mehr benutzt werden!**
- **Beachten Sie alle üblichen Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit gefährlichen Spannungen und elektrischen Einrichtungen, um das Risiko eines elektrischen Schlages zu vermeiden!**
- **Ein Service oder die Kalibrierung des Gerätes kann nur durch kompetente und autorisierte Personen durchgeführt werden!**
- **Für Inbetriebnahme und Umgang mit dem Gerät ist kompetentes Personal erforderlich.**

Batterien

- **Entfernen Sie alle Prüfleitungen und das Netzkabel, ehe Sie das Batteriefach zum Wechsel der Batterie öffnen!**
- **Vermeiden Sie den Betrieb am Netz, wenn sich im Gerät Alkalien-Batterien (nicht aufladbare Batterien) befinden. Sie könnten explodieren! Versuchen Sie deshalb nie, Alkalien-Batterien zu laden!**

Externe Spannungen

- **Betreiben Sie das Gerät nur mit der Netzspannung, für die es gebaut ist (Schild in der Nähe der Netzsteckbuchse). Sonst droht Beschädigung des Gerätes.**
- **Schließen Sie keine Fremdspannung höher als 600 V AC oder DC an die Prüfeingänge des Gerätes an. (CAT III - Umgebung)! Das Gerät könnte sonst beschädigt werden.**

Arbeit mit dem Prüfgerät

- **Verwenden Sie nur Original-Zubehör! Fragen Sie im Zweifelsfalle Ihren METREL-Vertriebspartner.**
- **Der Prüfling muss freigeschaltet, stromlos und entladen sein, ehe die Prüfleitungen angeschlossen werden.**
- **Berühren Sie keine leitenden Teile des Prüflings, während die Prüfung durchgeführt wird.**
- **Vergewissern Sie sich, dass der Prüfling freigeschaltet, also vollständig vom Netz getrennt ist, ehe Sie die Isolationsmessung durchführen!**
- **Berühren Sie den Prüfling während der Prüfung nicht, da Sie sonst einen elektrischen Schlag riskieren würden!**
- **Kapazitive Prüflinge (lange Leitungen, enthaltene Kondensatoren) müssen und werden nach der Prüfung entladen, um einen gefahrlosen Zustand wieder herzustellen. Beachten Sie die Anzeige: “Bitte warten Entlandung" unbedingt!**

Umgang mit kapazitiven Lasten

- **Merke: Schon 40 nF, aufgeladen auf 1 kV oder nur 1.6 nF geladen mit 5 kV sind lebensgefährlich!**
- **Berühren Sie den Prüfling während einer Prüfung und solange, bis er wieder vollständig entladen ist, unter keinen Umständen.**
- **Die maximale zwischen den drei Eingängen auftretende Fremdspannung darf 600 V (CAT III Umgebung) nicht überschreiten.**

4. Vor der Messung

4. 1. Das Prüfgerät einschalten

Autokalibrierung
Durch Drücken die Taste **EIN/AUS** auf der Frontplatte wird das Gerät eingeschaltet. Nach dem Einschalten läuft eine automatische Autokalibrierung des Gerätes ab. (Bild 5).
Während des Autokalibrierungszyklus dürfen keine Prüfleitungen angeschlossen sein. Sonst verlangt das Gerät, die Leitungen zu entfernen und muss anschließend durch Drücken die **EIN/AUS** Taste aus- und wieder eingeschaltet werden.
Nach Beendigung der Autokalibrierung ist das Gerät fertig für den Betrieb.

Die Autokalibrierung verhindert Geräteunkgenauigkeiten bei Messung sehr kleiner Ströme. Sie kompensiert Einflüsse wie Alterung, Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen etc.
Eine Autokalibrierung ist auch empfohlen, falls sich die Umgebungstemperatur seit dem letzten Kalibriervorgang um mehr als 5°C verändert hat.

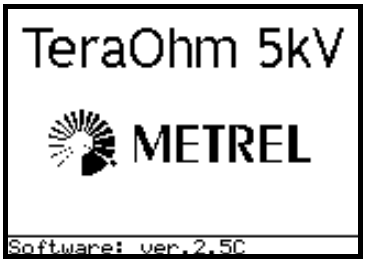


Bild 4. *Eröffnungsbild*

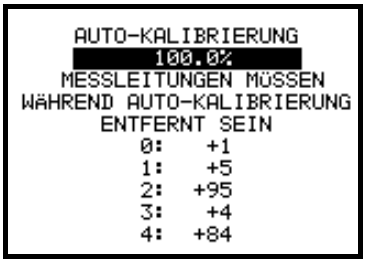


Bild 5. *Autokal-Status*

Hintergrundbeleuchtung
Nach Einschalten des Gerätes ist die Hintergrundbeleuchtung der LCD ebenfalls eingeschaltet. Sie kann ein- bzw. ausgeschaltet werden durch Drücken die **Licht**-Taste. Die Hintergrundbeleuchtung erlischt automatisch nach ca. 10s wenn die Versorgung des Gerätes aus der Batterie erfolgt.

Ausschalten des Gerätes
Das Ausschalten des Gerätes erfolgt durch Drücken auf die **EIN/AUS**-Taste. Ein Auto-AUS existiert nicht, da dies länger andauernde Messungen verhindern würde.

4.2. Geräte-Grundeinstellung

Die Grundeinstellung behandelt einige Parameter, die mit der eigentlichen Messung direkt nichts zu tun haben. (Bild 6).
Im unteren Teil des Displays ist die Versorgungsart (Netz oder Batterie) und Datum/Uhrzeit Angehzeit, unabhängig von der Betriebsart.

Einstellungen im Geräte-Grundeinstellungsmenu können wie folgt durchgeführt werden:

1. Verwenden Sie ↑ und ↓ um zwischen den einzelnen Zeilen des Menus zu wechseln.
2. Verwenden Sie ← und → um den ausgewählten Parameter zu verändern. Befinden sich zwei oder mehr wählbare Parameter in einer Zeile (Beispiel Datum/Uhrzeit), dann springen Sie mit die **AUSWAHL** Taste zum nächsten Parameter der Zeile und zurück.

Löschung aller Speicher:

1. Wählen Sie die Zeile **Speicher l□sch.** mit Hilfe von ↑ und ↓.
2. Drücken Sie **AUSWAHL**, die Antwort "**Mit SPEICHERN bestätigen!**" = (Drücke die **SPEICHERN**-Taste zur Bestätigung") erscheint.
3. Jetzt löschen Sie durch Druck auf die **SPEICHERN**-Taste alle Speicherinhalte. Mit Druck auf die **ESC**-Taste verhindern Sie dies und verlassen das Menu.

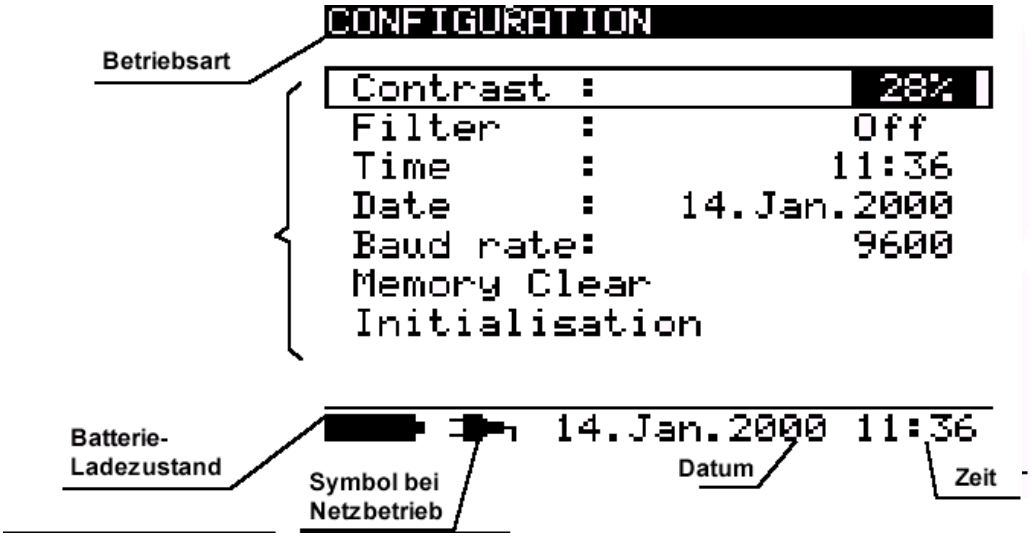


Bild 6. *Grundeinstellungsmenu*

Parameter	Werte	Anmerkung
Kontrast	0%..100%	Einstellung des LCD Kontrastes
Filter	Fil1, Fil2, Fil3, Aus	Wahl des Rauschfilters, siehe Kap. 5, Filter-Optionen
Uhrzeit		Einstellung der Zeit (Std:Min)
Datum		Tagesdatum (Tag-Monat-Jahr)
Baud rate	2400, 4800, 9600, 19200	Auswahl der Baudrate für die Schnittstelle
Speicher lösch.		Löschung des Gerätespeichers
Initialisierung		Nur für die Herstellung und der Service vorbehalten!
DIAGNOSE Startzeit	0%..90%	Einstellung der Startzeit des Timers in der Funktion DIAGNOSE unter Berücksichtigung von U_{nenn}.

Table 1*. Grundeinstellungs-Parameter*

5. Messungen

5.1. Allgemeines über den Testen mit hohen Gleichspannungen

(Weitere Informationen finden Sie in dem von METREL herausgegebenen Buch INSULATION MEASURING TECHNIQUES)

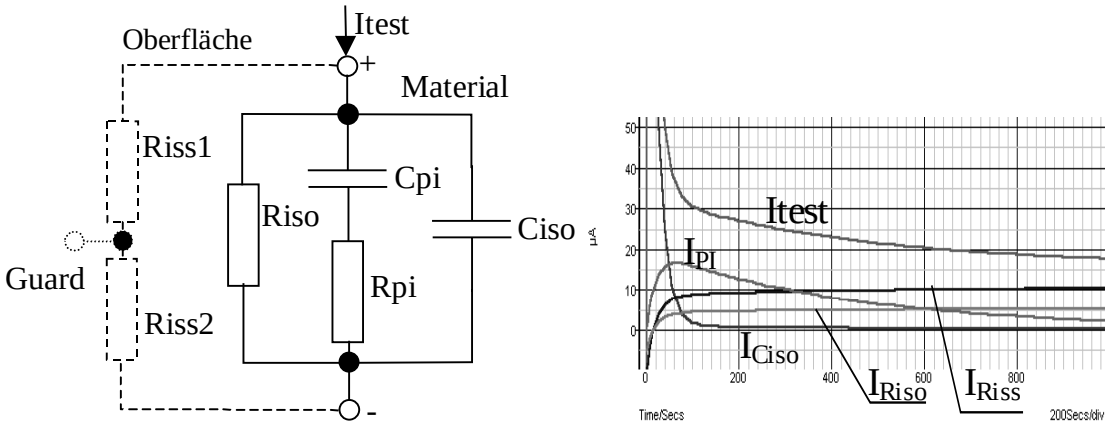
Wozu Isolationsprüfung?
Das isolierende Material trägt wesentlich zu den Eigenschaften praktisch jeden elektrischen Produktes bei. Das Verhalten der Isolation hängt nicht nur von der Zusammensetzung des Materials ab, sondern auch von der Temperatur, Verschmutzung, Feuchtigkeit, Alterung, elektrischer und mechanischer Beanspruchung usw. Nachlassende Sicherheit oder Zuverlässigkeit im Betrieb sind die Hauptgründe für Wartungstätigkeiten mit der Überprüfung der Isolation, um einen guten Zustand sicherzustellen. Hierbei kommt die Prüfung mit hohen Prüfspannungen zum Einsatz.

DC oder AC-Prüfspannung
So wie die Prüfung mit AC-Prüfspannungen und/oder gepulster Spannung ist auch die Prüfung mit DC-Spannung allgemein anerkannt. DC-Spannungen können z.B. auch dort für die Durchbruchspannungsmessung eingesetzt werden, wo große kapazitive Leckströme die Messung mit AC-Prüfspannungen oder pulsierenden Prüfspannungen erheblich stören würden. Hauptsächlich wird die DC-Prüfspannung für diejenigen Prüfungen eingesetzt, die auf der Messung des Isolationswiderstandes basieren. Die Höhe der Prüfspannung ist bestimmt durch den Einsatz des Gerätes (Überspannungs-kategorie) und niedriger als die Durchbruchspannung, damit eine Isolation oft gemessen werden kann, ohne gleich Stress oder Beschädigungen in der Isolation zu erzeugen.

Typische Isolationsprüfungen
Allgemein kann eine Isolationsprüfung wie folgt beschrieben werden:
- Einfache Messung des Isolationswiderstandes
- Messung der Abhängigkeit des Isolationswiderstandes von der angelegten Prüfspannung
- Messung der Zeitabhängigkeit des Isolationswiderstandes
- Messung der sich bildenden Restladung nach der Entladung

Anhand der Ergebnisse dieser Prüfungen kann bzw. muss ggf. eine Entscheidung zur Überholung Isolationssystemen getroffen werden.
Typische Beispiele für die eine regelmäßige Überprüfung des Isolationszustandes empfohlen bzw. vorgeschrieben ist, sind Transformatoren, Motoren, Kabel sowie andere elektrische Geräte und Einrichtungen.

Elektrisches Ersatzschaltbild der Isolation
Die folgende Schaltung zeigt das Ersatzschaltbild einer elektrischen Isolation.



R_{iss1} und R_{iss2} - Oberflächenwiderstand (und Guard-Anschluss, sofern benutzt)
R_{iso} – der tatsächliche Isolationswiderstand des Materials
C_{iso} – Kapazität des Materials
C_{pi}, R_{pi} - stehen für die Polarisationseffekte

Das rechte Bild zeigt die typischen Ströme in diesem Schaltkreis

I_{test} = Gesamt-Prüfstrom (I_{test}= I_{PI}+ I_{RISO}+ I_{RISS})
I_{PI} = Polarisationsstrom (absorbiert durch Polarisation des Materials)
I_{RISO} = aktueller Leckstrom durch die Isolation
I_{RISS} = Leckstrom an der Oberfläche

Einige Anwendungsbeispiele für den Gebrauch des TeraOhm 5 kV

Einfache Messung des Isolationswiderstandes

Praktisch jeder Standard, der sich mit der Sicherheit beschäftigt, fordert zumindestens einfache Isolationsprüfungen. Im Bereichniedriger Isolationswiderstände (so etwa einige MΩ) dominiert normalerweise R_{iso}. Die Ergebnisse sind entsprechend und stabilisieren sich schnell.

- Die Prüfspannung und -zeit und ein Grenzwert ist in der Regel der Norm zu entnehmen.
- Oft ist die empfohlene Prüfspannung das 1,7-fache der Nennspannung des Prüflings (z.B. bei Motoren), was bei 600 V Betriebsspannung 1020 VDC Prüfspannung bedeutet. Die Prüfzeit sollte schon 60 s betragen, ggf. länger, damit sich C_{iso} auflädt.
- Gelegentlich ist die Umgebungstemperatur in Betracht zu ziehen, um das Messergebnis mit den Vorgaben (Bezugstemperatur 40°C) vergleichen zu können.
- Wenn Oberflächenströme die Messung verfälschen oder beeinflussen können (siehe R_{iss} im Ersatzschaltbild), dann setzen Sie den Guard-Eingang ein. Wichtig ist dies besonders für Werte in GΩ-Bereich oder höher.

Einige Beispiele:

Standard*	Prüfspannung/-zeit	Ergebnis
EN/IEC 60204	500 V	1 MΩ
EN/IEC 60335-1	2000 V / 15 min	
EN/IEC 60349-1	500 V	1000 Ω/V
EN/IEC 60598-1	500 V / 1 s	2 MΩ

* Hier sind nur auszugsweise Beispielwerte aufgeführt!

Spannungsabhängige Prüfungen – Prüfungen mit ansteigender Spannung

Die Prüfung zeigt, ob die Isolation mechanisch oder elektrisch bereits vorgeschädigt ist. In diesem Falle nämlich ist die Menge von Anomalien in der Isolation wie Risse, kleine lokale Durchbrüche, leitende Teile usw. stark erhöht und die Gesamt-Durchbruchspannung dadurch erniedrigt. Hohe Luftfeuchtigkeit und Verschmutzung spielen hier eine große Rolle, ganz besonders auch im Zusammenwirken mit mechanischen Beanspruchungen.

- Die Schrittweiten der Prüfspannung sind etwa ähnlich zu wählen wie bei der Durchbruchspannungsprüfung.
- Gelegentlich wird empfohlen, die maximale Prüfspannung auf 60 % der Durchbruchspannung zu begrenzen.

Falls das Ergebnis aufeinanderfolgender Prüfungen eine kontinuierliche Verringerung des Isolationswiderstandes zeigen, sollte sie ersetzt werden.

Zeitabhängige Prüfungen – Diagnostische Tests

Polarisationsindex

Das Ziel dieses diagnostischen Tests ist es, den Einfluss der Polarisation des isolierenden Mediums zu bestimmen (R_{pi}, C_{pi}).
Nach dem Anlegen von hohen Spannungen richten sich die im Isolator verteilten elektrischen Dipole in Richtung des angelegten elektrischen Feldes aus. Dies physikalische Phänomen nennt sich Polarisierung. In dem Maße, wie sich die Moleküle ausrichten, entsteht ein Absorptions-Polarisierungsstrom, der den Gesamtisolations-widerstand verringert.
Dieser Absorptionsstrom (I_{PI}) bricht normalerweise innerhalb weniger Minuten zusammen. Falls aber innerhalb dieses Zeitraumes der Isolationswiderstand nicht ansteigt, bedeutet dies, dass andere Ströme (z.B. Oberflächenleckströme) den Gesamtisolationswiderstand erheblich mitbestimmen.

- PI ist definiert als das Verhältnis des gemessenen Widerstandes zu zwei verschiedenen Zeiten. Weit verbreitet ist die Bildung aus dem Wert nach 10 min bezogen auf den Wert nach 1 min, aber dies ist keine feste Regel.
- Die angelegte Spannung ist typischerweise dieselbe wie bei der Messung des Isolationswiderstandes.
- Falls der Isolationswiderstand nach einer Minute größer als 5000 MΩ ist, dann ist die Bestimmung des PI ziemlich wenig aussagekräftig (neue, moderne Isolationsmedien).
- Eine Isolation basierend auf Ölpapier in Transformatoren oder Motoren ist ein typisches Material, das diesen Test erfordert.

Verallgemeinert kann man sagen, dass Isolationen mit einem "großen" PI in gutem Zustand sind, während beschädigte oder schlechte Isolationsmedien einen geringen PI zeigen. Allerdings ist diese Regel nicht allgemein gültig. Lesen Sie dazu auch die entsprechenden Passagen im Handbuch **Insulation Testing Techniques,** herausgegeben von METREL.

Allgemein anwendbare Werte:

Wert von PI	**Zustand des Isolationsmediums**
1 to 1.5	Nicht akzeptierbar (ältere Typen)
2 to 4 (typisch 3)	Kann als gute Isolation betrachtet werden (ältere Typen)
1 (sehr hoher Isolations-widerstand)	Modernes (gutes) Isolationsmedium

Beispiel für die Untergrenze eines akzeptablen Wertes für die Isolation in Motoren (aus IEEE 43):
Klasse A =1.5, Klasse B = 2.0, Klasse F =2.0, Klasse H =2.0.

Dialektische entladung

Ein weiterer Effekt der Polarisierung ist die wiedergewonnene Ladung (auf C_{pi}) nach Beendigung des Testes in der Erholungsphase. Die Bestimmung der Dielektrischen Entladung kann eine zusätzliche Messung bei der Bestimmung des Zustandes oder der Eignung von Isolationsmaterialien sein. Der Effekt ist sehr bemerkenswert in Isolationssystemen mit hoher Kapazität C_{iso}.

Werte für DD	**Zustand des getesteten Isolationsmediums**
> 4	Schlecht
2 - 4	Kritisch
< 2	Gut

Durchbruchspannungsprüfung

Einige Standards erlauben die Verwendung von DC-Spannung als Alternative zu AC-Durchbruchspannungsprüfung. Zu diesem Zweck muss die Prüfspannung für eine gewisse Zeit über der zu prüfenden Isolation am Prüfling anliegen. Das Prüfergebnis ist gut, wenn es innerhalb dieser Zeit weder einen Spannungsüberschlag noch einen Durchbruch gegeben hat. Standards empfehlen als Prüfspannung eine ansteigende Rampe mit einem Anstieg, der den Ladestrom in C_{iso} kleiner hält als die Schwelle für den Durchbruchstrom. Normalerweise ist die Prüfzeit 1 Minute.
Eine Durchbruchspannungsprüfung oder der Dielektrische Test wird normalerweise in folgenden Fällen durchgeführt:

- Typ-Prüfung für neue Produkte vor Aufnahme der Produktion
- Regelmäßige produktionsbegleitende Prüfungen zur Verifizierung der Sicherheit des Produktes
- Im Rahmen von Wartung und Reparatur, wenn die Isolation unter Umständen beschädigt worden sein könnte

Einige Beispiele für DC-Durchbruch-Prüfspannungswerte :

Standard (nur beispielsweise gewählt)	Spannung
EN/IEC 61010-1 CAT II 300V Grundisolierung	1970 V
EN/IEC 61010-1 CAT II 300V doppelt isoliert	3150 V
IEC 60439-1 (Kriechabstand zwischen spannungsführenden Teilen…), Spannungsstoß 4 kV, 500 m	4700 V
IEC 60598-1	2120 V

Isolationsmessungen und die Luftfeuchtigkeit

Die Qualität einer Isolationsprüfung bei anderen als den Referenz-Umgebungsbedingungen kann vor allem durch die Luftfeuchtigkeit stark beeinträchtigt werden. Feuchtigkeit erzeugt Kriechstrecken auf der Oberfläche des gesamten Prüflings, aber auch auf den Prüfleitungen und dem Messgerät. Der Einfluss vergrößert den Messfehler, besonders bei der Messung sehr hoher Widerstände, also z.B. im Teraohm-Bereich. Ganz ungünstig ist die Situation, wenn Kondensieren beobachtet wird. Das kann bis zu erhöhtem Sicherheitsrisiko und dem Abbruch der Prüfung führen. Im Falle hoher Luftfeuchtigkeit ist deshalb zu empfehlen, dass vor Beginn und während der Versuche der Prüfbereich gut gelüftet wird. Im Falle von Niederschlag auf dem Prüfling ist er für mehrere Stunden, wenn nicht sogar einige Tage lang zu trocknen.

5.2. Guard-Anschluss

Der Zweck des Guard-Anschlusses ist die Ableitung von potentiellen Leckströmen, z.B. Oberflächenströmen, die nicht durch die Durchlässigkeit des Dielektrikums, sondern beispielsweise durch Oberflächenverschmutzung oder Feuchtigkeit auf der Oberfläche entstehen. Da diese Leckströme, wenn nicht Vorkehrung getroffen wird, sich zum eigentlichen Leckstrom durch die Isolation hinzuaddieren würden, wäre das Ergebnis u.U. erheblich beeinflusst. Der Guard-Anschluss ist im Prüfgerät an dasselbe Potential gekoppelt wie der negative Prüfeingang (schwarz). Die mit einer schwarzen Krokodil-Klemme versehene Guard-Leitung soll so mit dem Prüfling verbunden werden, dass sie möglichst viel der unerwünschten Leckströme einfängt. Siehe dazu das untenstehende Bild.

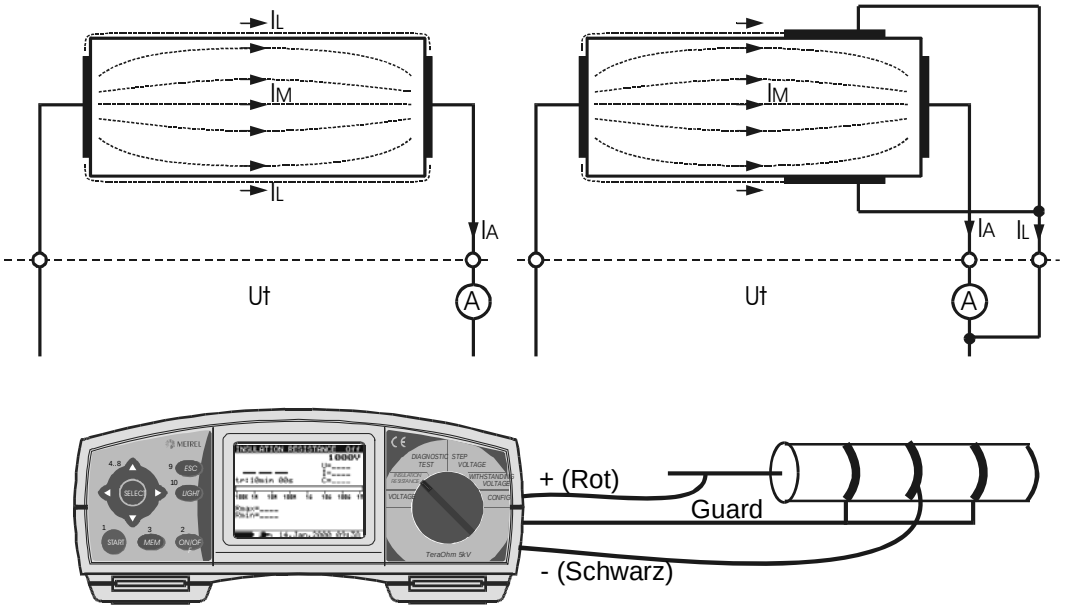


Bild 7. *Verbindung des Guard-Anschlusses mit dem Prüfling (Beispiel Isolationsprüfung an einem Kabel)*

mit:
Ut ..... Prüfspannung
IL ..... Leckstrom (an der Oberfläche, Schmutz, Feuchtigkeit)

I_M ..... Strom durch die Isolation (abhängig vom Zustand des Isolationsmaterials)
I_A..... vom Prüfgerät wahrgenommener Leckstrom
Ergebnis ohne Guard-Anschluss: $R_{INS} = U_t / I_A = U_t / (I_M + I_L)$ …falsches Ergebnis

Ergebnis mit Guard-Anschluss: $\mathbf{R_{INS} = U_t / I_A = U_t / I_M}$ ……richtiges Ergebnis

Die Verwendung des Guard-Anschlusses wird ab einem Isolationswiderstand von ca. 10 GΩ oder größer dringend empfohlen.

Merke:
- Der Guard-Anschluss ist durch einen hohen Innenwiderstand von 300KΩ geschützt.

5.3. Zuschaltbare Filter

Im Gerät sind einige zuschaltbare Filter vorhanden, die bei geeignetem Einsatz Störungs- und Rauscheinflüsse auf das Ergebnis reduzieren und besonders bei sehr hochohmigen Werten zu einer Stabilisierung des Messergebnisses beitragen. Die untenstehende Tabelle führt die Filteroptionen auf:

Filter Option	Wirkung
Aus	Tiefpassfilter mit Eckfrequenz 0.5 Hz im Messkreis
Fil1	Zusätzlicher Tiefpass mit einer Eckfrequenz von 0.05 Hz im Messkreis
Fil2	Fil1 mit erhöhtem Integralanteil (4s)
Fil3	Fil2 mit gleitendem Durchschnitt über 5 Ergebnisse

Table 2*. Filter-Optionen*

Bedeutung von filtern

In einfachen Worten ausgedrückt glätten Filter das Messergebnis durch Einschränkung der Bandbreite und Durchschnittbildung. Quellen für Störungen sind:
- Wechselströme mit Netzfrequenz und Oberschwingungen, Störungen durch Schaltvorgänge usw. beeinflussen das empfindliche Messergebnis. Diese Störungen werden oft durch kapazitive Kopplung mit in der Nähe liegenden Netzkabeln eingestreut.
- Eingekoppelte Ströme durch magnetische Einstreuung in den Prüfling.
- Brummspannung aus dem internen Hochspannungsgenerator.
- Ladungseffekte aus großen kapazitiven Lasten und/oder langen Kabeln.

Da Spannungsänderungen bei der Messung von sehr hohen Widerständen relativ gering sind, wird bei der Filterung der Fokus auf die Bandbegrenzung der Ströme gelegt.

Merke:
Alle Filter verlängern die Einschwingzeit für das Ergebnis, im einzelnen mit Fil1 auf 60 s, Fil2 auf 70 s und Fil3 auf 120 s.
- Bei der Wahl der Zeitintervalle ist auf die eingesetzten Filter Rücksicht zu nehmen.
- Die empfohlene Messzeit mit Filtern ist die oben genannte Einschwingzeit.

Beispiel 1:
Ein eingestreuter Störstrom von 1mA bei 50 Hz trägt zum Messergebnis ca. 15% Störpegel bei, wenn ein Widerstand von 1GΩ gemessen werden soll.
Wird FIL1 eingeschaltet, verringert sich der Störpegel auf weniger als ±2%.
Allgemein gesprochen verringert die Verwendung von FIL2 und FIL3 die Störempfindlichkeit erheblich!
Beispiel 2:
Messung mit folgenden Eckdaten:
U_{test} =250 V, I_{noise} = 3 mA, R= 2.4GΩ, C=220nF
Die Filteroptionen bewirken das folgende Ergebnis:
Aus: Unsicherheit des Ergebnisses 30%,
Fil1: Unsicherheit des Ergebnisses 3.5%,
Fil2: Unsicherheit des Ergebnisses 1.5%,
Fil3: Unsicherheit des Ergebnisses 0.9%
Wie bereits erwähnt erhöht sich allerdings auch die Einschwingzeit, und für FIL 3 muss man 2 Minuten auf ein erstes verwertbares Ergebnis warten.

5.4. Spannungsmessung

Ist diese Berthiebsart gewählt, dann sehen Sie eine der untenstehenden Display-Varianten (zu Beginn bzw. am Ende der Messung mit Messergebnis).

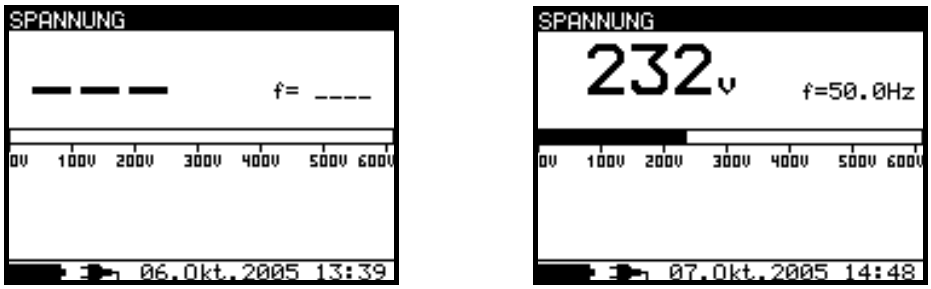


Bild 8. *Anzeige bei der Spannungsmessung*

Durchführung der Messung:
- Verbinden Sie mit Hilfe der Messleitungen Instrument und Spannungsquelle.
- Drücken Sie die **START**-Taste und es beginnt eine Dauermessung.
- Erneutes Drücken auf die **START**-Taste hält die Messung an.
- Das Ergebnis wird wie in Bild 8 (rechts) angezeigt und kann, wenn gewünscht, über ein zweifaches Drücken die **SPEICHERN**-Taste gespeichert werden. Siehe dazu Kapitel 6.1. und die Funktionen Speichern, Abrufen und Löschen.

Warnung!
- **Lesen und beachten Sie die Vorsichtsriegels in Kapitel 3. Warnhinweise!**

5.5. Messung des Isolationswiderstandes

Wenn Sie diese Betriebsart wählen, sehen Sie zuerst ein Bild wie links gezeigt, Anfangszustand, kein Messergebnis, und nach erfolgter Messung ein Display ähnlich dem Bild rechts

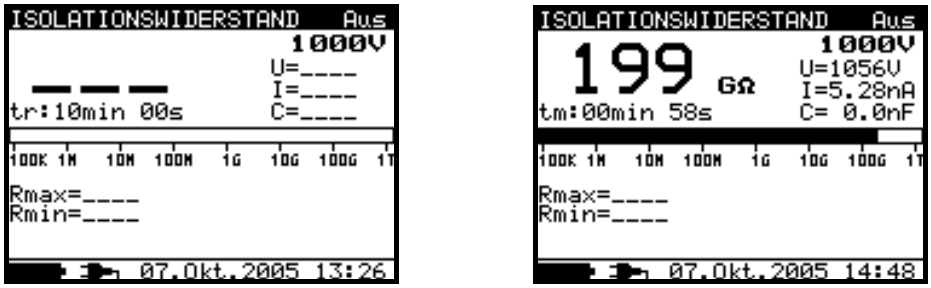


Bild 9. *Display bei der Isolationswiderstandsmessung*

Durchführung der Messung:

- Verbinden Sie Messgerät und Prüfling mit Hilfe der Prüfleitungen.
- Wählen Sie auf dem Drehwahlschalter die Funktion **ISOLATIONS-WIDERSTAND**.
- Sobald Sie die **START**-Taste betätigen, beginnt eine Dauermessung.
- Warten Sie, bis sich das Messergebnis stabilisiert hat, und drücken Sie dann erneut die **START**-Taste, um die Dauermessung anzuhalten, bzw. warten Sie, bis der Timer, wenn aktiviert, abgelaufen ist und die Messung automatisch beendet.
- Warten Sie unbedingt die vollständige Entladung des Prüflings ab.
- Das Ergebnis, siehe Bild 9, rechts, kann wenn gewünscht, über ein zweifaches Drücken die **SPEICHERN**-Taste gespeichert werden. Siehe dazu Kapitel 6.1. und die Funktionen Speichern, Abrufen und Löschen.

Erläuterung der angezeigten Meldungen und Symbols:

ISOLATIONS-WIDERSTAND	Name der gewählten Betriebsart
Aus (Fil1, Fil2, Fil3)	Filtertyp, siehe dazu Kap. 5.3.
1000V	Programmierte Prüfspannung
U=1056V	Aktuelle Prüfspannung – gemessener Wert
I=0.04nA	Aktueller Prüfstrom – gemessener Wert
>1.00TΩ	Isolationswiderstand – Ergebnis
C=1.3nF	Kapazität des Prüflings
tr:00min 15s	Timer-Information – Prüfzeit
Bar	Messergebnis als Bargraph
Rmax=	Maximalwert der Messung (nur im Betrieb mit Timer)
Rmin=	Minimalwert der Messung (nur im Betrieb mit Timer)

Merke:
- Bei ausgeschaltetem Timer wird statt der Zeit der Schriftzug **AUS** angezeigt.
- Während der Messung wird (bei aktiviertem Timer) die Restzeit bis zum Ende der Prüfung angezeigt. Nach beendeter Messung wird die eingestellte Timer-Zeit angezeigt.
- Ein Hochspannungs-Warnsymbol erscheint während der Messung im Display, um den Bediener vor möglichen gefährlichen Spannungen zu warnen.
- Die Kapazität des Prüflings wird während des Entladevorganges, der die Isolationswiderstandsmessung abschließt, gemessen und angezeigt.

Parameter für die Isolationswiderstandsmessung:
- Drücken Sie die **AUSWAHL**-Taste. Das Parameter-Menu erscheint in der Anzeige. Siehe dazu Bild 10.
- Wählen Sie einen Parameter mit den Tasten ↑ und ↓**.**
- Verändern Sie den Parameter mit den Tasten ← und →. In der Zeile kommen Sie zum nächsten (Sub-) Parameter mit Hilfe die **AUSWAHL**-Taste.
- Verlassen Sie das Parameter-Menu entweder durch Drücken die **ESC**-Taste oder die **START**-Taste, die unmittelbar auch eine Messung bewirkt. Auch durch Drehen des Funktionswahlschalters verlassen Sie das Menu. Eingestellte Werte werden gespeichert.

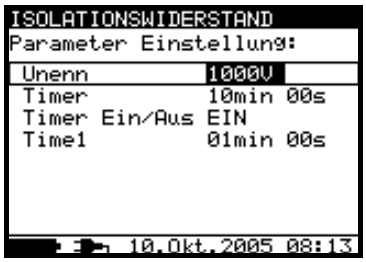


Bild 10. *Parameter-Menu in der Betriebsart Isolationswiderstand*

Erklärung der Anzeige:

ISOLATIONSWIDERSTAND		Name der gewählten Betriebsart
Parameter Einstellung:		
Unenn	1000V	Prüfspannung – in 50 V-Schritten
Timer	10min 00s	Messdauer
Timer Ein/Aus	EIN	EIN: Timer aktiv, AUS: Timer nicht aktiv
Time1	01min 00s	Zeit bis zum Ende der Messung mit akzeptierten Werten für R_{min} und R_{max}

Timer und Time1 sind unabhängige Timer. Maximale Laufzeit für beide ist 30min 59s.

Warnung!

- **Lesen und beachten Sie die Vorsichtsriegels in Kapitel 3. Warnhinweise!**

5.6. Diagnostischer Test

In dieser Betriebsart sehen Sie eines der folgenden Displaybilder (Start links bzw. Ergebnisanzeige rechts)

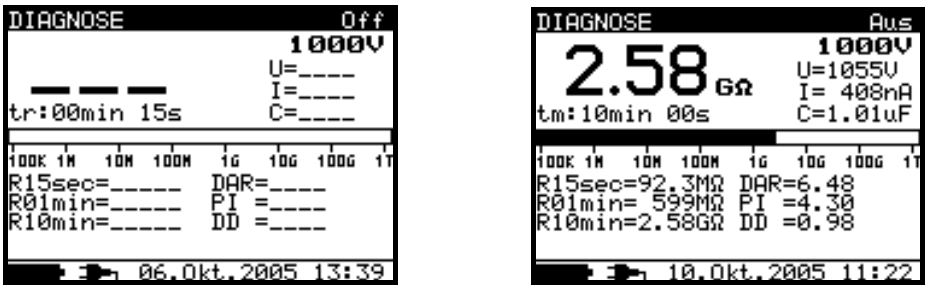


Bild 11. *Beispiele für das Display im Diagnostischen Test*

Es handelt sich um eine sehr lang dauernde Messung zur Untersuchung der Güte des Isolationsmaterials. Das Ergebnis ist eine wertvolle Entscheidungshilfe ggf. für den präventiven Ersatz des Isolationsmaterials.

DIELEKTRISCHES ABSORPTIONSVERHÄLTNIS (DAR)

DAR ist der Quotient aus dem Isolationswiderstand, gemessen nach 15 s und nach 1 min. Die DC-Prüfspannung liegt während der gesamten Messung permanent an (und es läuft die Isolationswiderstandsmessung). Am Ende wird DAR angezeigt:

$$DAR = \frac{R_{iso}(1\min)}{R_{iso}(15s)}$$

Hinweise zur Bewertung des Ergebnisses:

Wert von DAR	Zustand des geprüften Materials
< 1.25	Nicht akzeptabel
< 1.6	Allgemein guter Zustand
> 1.6	Hervorragender Zustand

Merke: Für die Bestimmung von Riso (15s) achten Sie bitte auf die Kapazität des Prüflings. Denn sie muss im ersten Zeitintervall aufgeladen werden (15s). Für die maximale Kapazitätsabschätzung gilt:

$$C_{\max}[\mu F] = \frac{t\,[s] \cdot 10^3}{3 \cdot U\,[V]},$$

mit:

t Prüfzeit beim der ersten Prüfung (z.B. 15 s)
U Prüfspannung

Um das Problem zu vermeiden, erhöhen Sie einfach die DIAGNOSE Startzeit im SETUP Menu, denn der Start des Timers in der DIAGNOSTIC TEST Funktion beruuht auf der Ausgangsspannung. Tder Timer startet in dem Augenblick, wenn die Ausgangsspannung die Schwellspannung erreicht hat, also das Ergebnis aus DIAGNOSE Startzeit und Unenn (Nenn-Prüfspannung).
Die Verwendung der Filter (Fil1,Fil2,Fil3) in der Funktion DAR ist nicht empfehlenswert!

POLARIZATIONSINDEX (PI)

PI ist das Verhältnis des Isolationswiderstandes nach 10 min bezogen auf den Widerstand nach 1 min. Die Prüfspannung ist dabei die ganze Zeit angelegt und die Isolationswiderstandsmessung ist aktiv. Am Ende wird der Quotient PI angezeigt:

$$PI = \frac{R_{iso}(10\,\mathrm{min})}{R_{iso}(1\,\mathrm{min})}$$

Merke: Bei der Bestimmung von R_{iso} (1min) achten Sie besonders auf vorhandene Kapazitäten im Prüfling. Sie müssen erst aufgeladen sein, ehe das Minutenresultat genommen werden kann. Die maximal zulässige Kapazität im Prüfling ist etwa:

$$C_{\max}[\mu F] = \frac{t\,[s].10^3}{3 \cdot U\,[V]},$$

mit:
t..... Zeitpunkt für die erste Messung (z.B. 1min)
U ..... Prüfspannung

Zur Vermeidung diese Problems eignet sich die Vergrößerung des Parameters **DIAGNOSE Startzeit** im **SETUP** Menu, weil der Start des Timers im DIAGNOSTISCHEN TEST von dem Erreichen der Prüfspannung abhängt. Der Timer beginnt, zu laufen, wenn die Aqusgangsspannung die Schwellspannung erreicht, die wiederum ein Ergebnis aus der **DIAGNOSE Startzeit** und **U_{nenn}** (Nennprüfspannung) ist.

Die Analyse der gemessenen Isolationswiderstände, zusammen mit der errechneten Parametern DAR und PI sind sehr hilfreich für die richtige Beurteilung und Wartung von Isolationsmaterialien.

DIELEKTRISCHE ENTLADUNG (DD)

DD ist ein diagnostischer Test, welcher der Isolationswiderstandsmessung folgt. Typischerweise soll das Isolationsmaterial für ca. 10 bis 30 min unter Prüfspannung stehen und dann zur Messung der DD entladen werden. Eine Minute danach wird der Entladestrom gemessen, um die Ladungs-Reabsorption zu messen. Ein hoher Reabsorptionsstrom stammt typisch von einer verunreinigten Isolation, zumeist hervorgerufen durch Feuchtigkeit:

$$DD = \frac{Idis1\,\mathrm{min}[mA]}{U[V].C[F]},$$

mit:
Idis 1min .....Entladestrom, gemessen 1 min nach der regulären Entladung
U ..... Prüfspannung
C ..... Kapazität des Prüflings

Durchführung der Messung:
- Verbinden Sie mit Hilfe der Messleitungen Instrument und Prüfling
- Drücken Sie die **START**-Taste und die Messung beginnt.
- Warten Sie, bis der eingestellte Timer abgelaufen ist und das Ergebnis angezeigt wird.
- Warten Sie, bis der Prüfling entladen ist.
- Das Ergebnis kann bei Bedarf gespeichert werden (Zahlenwert in rechten Teil von Bild 11). Dazu drücken Sie die **SPEICHERN**-Taste zweimal. Näheres dazu in Kap. 6.1 (auch Speicher abrufen, löschen etc.)
- Erklärung der Anzeige:

DIAGNOSE	Name der Betriebsart
Aus (Fil1, Fil2, Fil3)	Eingestellter Filtertyp, siehe dazu auch Kap. 5.3.
1000V	Prüfspannung – in 50 V-Schritten
U=1056V	Aktuelle Prüfspannung, gemessen
I=0.04nA	Aktueller Prüfstrom, gemessen
>1.00TΩ	Isolationswiderstand, **Ergebnis**
C=1.3nF	Kapazität des Prüflings
tr:00min 15s	Gesetzte Timer-Zeit
Bar	Analog angezeigter R_{iso} (Bargraph)
R01min=>180GΩ	Widerstand gemessen nach Ablauf Timer 1
R02min=>300GΩ	Widerstand gemessen nach Ablauf Timer 2
R03min=>980GΩ	Widerstand gemessen nach Ablauf Timer 3
DAR=1.67	DAR als Quotient von R01min / R15s
PI=3.23	PI als Quotient von R30min / R01min
DD=__	Ergebnis DD

Merke:
- Ein Hochspannungs-Warnsymbol erscheint während der Messung im Display, um den Bediener vor möglichen gefährlichen Spannungen zu warnen.
- Die Kapazität des Prüflings wird während der Entladung zum Ende des Messzyklus ermittelt
- Wenn aktiviert, misst das Instrument DD, sofern die gemessene Kapazität im Bereich zwischen 5 nF und 50 µF liegt.

Parametereinstellung für den Diagnostischen Test:
- Sie erreichen das Parameter-Menu über die **AUSWAHL**-Taste, Anzeige siehe Bild 12.
- Wählen Sie einen Parameter mit den Tasten ↑ und ↓
- Verändern Sie den Parameter mit den Tasten ← und →.
- Verlassen Sie das Parameter-Menu entweder durch Drücken die **ESC**-Taste oder die **START**-Taste, die unmittelbar auch eine Messung bewirkt. Auch durch Drehen des Funktionswahlschalters verlassen Sie das Menu. Eingestellte Werte werden gespeichert.

Bild 12. *Parameter-Menu im Diagnostischen Test*

Erläuterung der Anzeige:

DIAGNOSE		Name der Betriebsart
Parameter Einstellung:		
Unenn	1000V	Prüfspannung – in 50 V-Schritten
Time1	15s	Zeit bis zur Messung R_{15s}
Time2	01min	Zeit bis zur Messung R_{01min} und Berechnung DAR
Time3	03min	Zeit bis zur Messung R_{03min} und Berechnung PI
DD Ein/Aus	EIN	EIN: DD aktiviert, AUS: DD inaktiviert

Time1, Time2 und Time3 sind unabhängige Zeitglieder, die alle zum selben Zeitpunkt starten. Die eingestellte Zeit läuft ab Messbeginn. Die maximale Zeit ist 30 min. Den Sachverhalt verdeutlicht das folgende Bild.

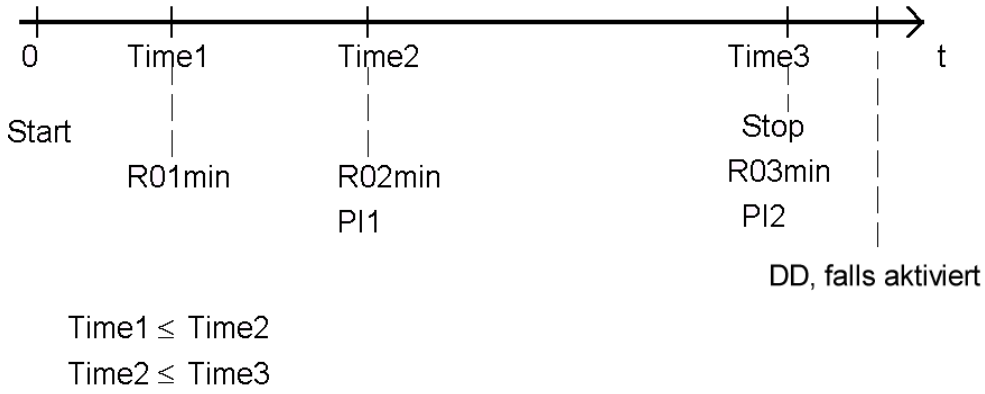


Bild 13. *Die Timer*

Warnung!

- **Lesen und beachten Sie die Vorsichtsriegels in Kapitel 3. Warnhinweise!**

5.7. Spannungsabhängige Messung des Isolationswiderstands

Wenn Sie diese Betriebsart wählen, sehen Sie ein Display ähnlich einem der beiden unten gezeigten. (links kurz nach der Auswahl, rechts nach einem durchgeführten Test)

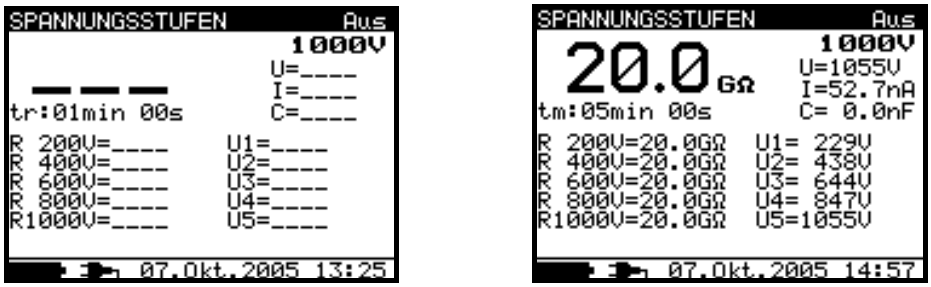


Bild 14. *Isolationswiderstände in Abhängigkeit von der Prüfspannung*

Der Isolationswiderstand wird in fünf gleichen Zeitschritten gemessen mit fünf Spannungsstufen von einen Fünftel bis zur vollen Prüfspannung. Siehe dazu Bild 15. Diese Messung zeigt die Abhängigkeit des Isolationswiderstandes von der Prüfspannung.

Durchführung der Messung:

- Verbinden Sie Messgerät und Prüfling mit Hilfe der mitgelieferten Prüfkabel.
- Drücken Sie die **START**-Taste und die Messung beginnt.
- Warten Sie, bis der Timer abgelaufen ist und das Ergebnis angezeigt wird.
- Warten Sie die Entladung des Prüflings ab.
- Das Ergebnis (siehe Bild 14, rechter Teil) kann bei Bedarf durch 2-maliges Drücken die **SPEICHERN-**Taste gespeichert werden. Näheres dazu in Kap. 6.1. mit weiteren Erläuterungen zur Speicherung, Aufruf von Ergebnissen, Löschung des Speichers.

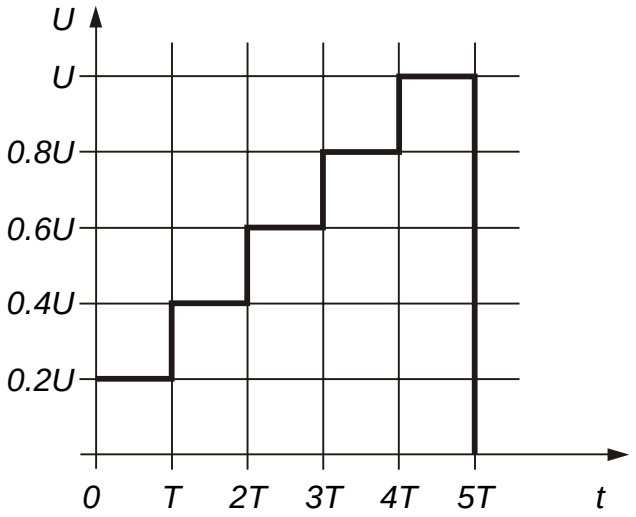


Bild 15. *Ansteigende Prüfspannung in 5 Stufen*

Erläuterungen zur Anzeige:

SPANNUNGSSTUFEN	Name der gewählten Betriebsart
Aus (Fil1, Fil2, Fil3)	Eingeschaltete Filter, siehe dazu Kap. 5.3.
1500V	Gesetzte Prüfspannung – Schrittweite 250 V
U=1593V	Aktuelle Prüfspannung, gemessener Wert
I=0.00nA	Aktueller Prüfstrom, gemessener Wert
>1.50TΩ	Isolationswiderstand – **Ergebnis**
C=0.6nF	Kapazität des Prüflings
tr:05min 15s	Aktuelle Prüfdauer
R 300V=>300GΩ	Letztes Ergebnis des Schrittes 1
R 600V=>600GΩ	Letztes Ergebnis des Schrittes 2
R 900V=>900GΩ	Letztes Ergebnis des Schrittes 3
R1200V=>1.2TGΩ	Letztes Ergebnis des Schrittes 4
R1500V=>1.5TΩ	Letztes Ergebnis des Schrittes 5
U1= 343V	Prüfspannung Schritt 1
U2= 655V	Prüfspannung Schritt 2
U3= 948V	Prüfspannung Schritt 3
U4=1284V	Prüfspannung Schritt 4
U5=1593V	Prüfspannung Schritt 5

Merke:
- Die Timeranzeige läuft ab Beginn der Messung bis zum Ende des letzten Prüfschrittes.
- Die Timeranzeige nennt nach dem Messende die gesamte Messzeit.
- En Hochspannungs-Warnsymbol erscheint während der Messung, um den Bediener vor möglichen gefährlichen Spannungen zu warnen.
- Die Kapazität des Prüflings wird während der abschließenden Entladung des Prüflings gemessen.

Parametereinstellung für die Betriebsart Spannungsstufen:
- Drücken Sie die **AUSWAHL**-Taste. Das Menu erscheint wie in Bild 16 gezeigt.
- Wählen Sie einen Parameter mit den Tasten ↑ und ↓
- Verändern Sie den Parameter mit ← und →.
- Verlassen Sie das Parameter-Menu entweder durch Drücken die **ESC**-Taste oder die **START**-Taste, die unmittelbar auch eine Messung bewirkt. Auch durch Drehen des Funktionswahlschalters verlassen Sie das Menu. Eingestellte Werte werden gespeichert.

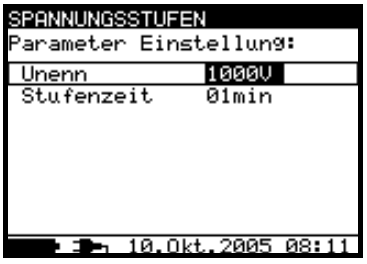


Bild 16. *Parameter-Menu der Betriebsart Spannungsstufen Test*

Erklärung der Anzeige:

SPANNUNGSSTUFEN			Name der gewählten Betriebsart
Parameter Einstellung:			
Unenn	1000V		Prüfspannung – in 250 V-Schritten
Stufenzeit	01min		Messdauer pro Spannungsstufe

Note:
- Der maximal einstellbare Wert für die `Stufenzeit` ist 30 min.

Warnung!
- **Lesen und beachten Sie die Vorsichtsriegels in Kapitel 3. Warnhinweise!**

5.8. Durchbruchspannung

In dieser Betriebsart können Sie die Durchbruchspannung eines Isolationsmaterials prüfen. Als zweites kann die Begrenzerspannung von spannungsbegrenzenden Bauteilen, z.B. Varistoren, ermittelt werden:

Beide Funktionen erfordern eine Ermittlung des Durchbruchstromes. Die Prüfspannung wird Schritt für Schritt vom Start bis zum Endwert U_{stop} über eine vorher programmierte Zeit erhöht und beim Endwert für eine vordefinierte Zeit gehalten. Siehe dazu das folgende Bild.

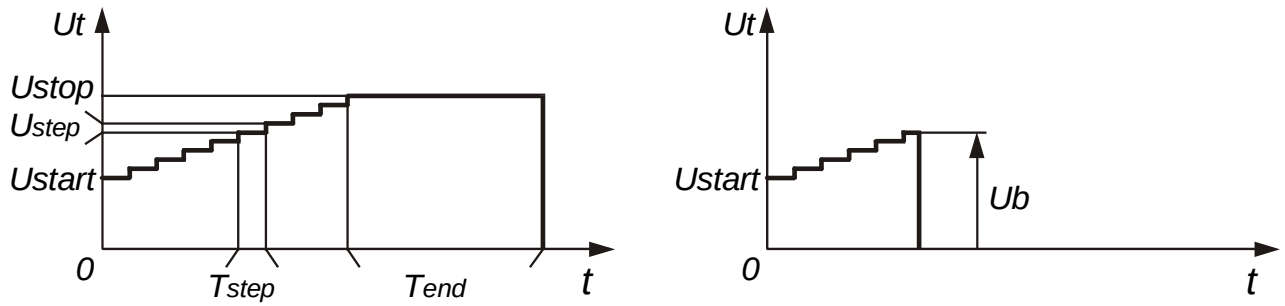


Bild 17. Verlauf der Prüfspannung ohne (links) und mit Durchbruch (rechts)
U_t ..... Prüfspannung
U_{stop} ..... Endwert der Prüfspannung
U_{step} ..... Spannungsschritte ca. 20 V (fest eingestellt, nicht zu beeinflussen)
U_{start} ..... Anfangswert der Prüfspannung
T_{step} ..... Zeitdauer pro Schritt
T_{end} ..... Zeitdauer für angelegte, konstante Prüfspannung am Ende des Tests
t..... Zeitachse
U_b..... Durchbruchspannung

Mit der Wahl dieser Betriebsart durch den Wahlschalter erscheint auf dem Display das linke, untenstehende Bild. Ein Bild wie rechts gezeigt sehen Sie zum Ende einer Messung.

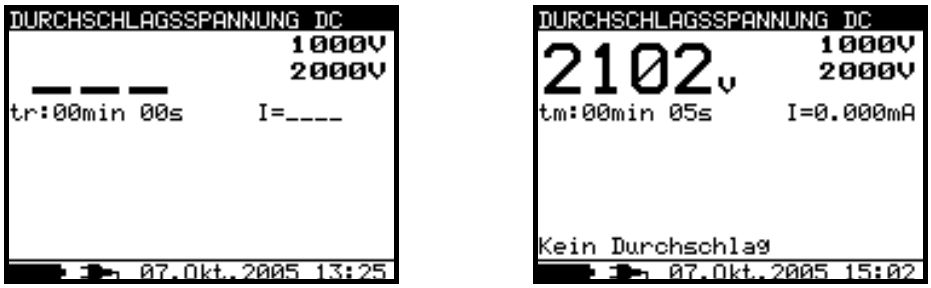


Bild 18. *Bildschirmanzeigen bei der Durchbruchspannungsmessung*

Durchführung der Messung:
- Verbinden Sie mit Hilfe der Messleitungen Instrument und Prüfling
- Drücken Sie die **START**-Taste und die Messung beginnt
- Warten Sie, bis die eingestellten Messzeiten abgelaufen sind oder ein Durchbruch auftritt und das Ergebnis angezeigt wird
- Warten Sie, bis der Prüfling entladen ist
- Das Ergebnis kann bei Bedarf gespeichert werden (Zahlenwert in rechten Teil von Bild 18). Dazu drücken Sie die **SPEICHERN**-Taste zweimal. Näheres dazu in Kap. 6.1 (auch Speicher abrufen, löschen etc.)

Merke:
- Als Durchbruch wird registriert wenn der Strom durch den Prüfling den voreingestellten Wert `Itrig` für den Durchbruchstrom erreicht oder überschreitet.

Erklärung der Anzeige:

DURCHSCHLAGSSPANNUNG DC	Name der Betriebsart
1000V	Prüfspannung zu Beginn
2000V	Prüfspannung am Testende
2053V	Aktuelle Prüfspannung, gemessen
I=0.04nA	Aktueller Prüfstrom, gemessen
tr:01min 00s	Timer-Information

Merke:
- Die gezeigte Timer-Information ist die Zeit für die Vollendung des aktuellen Prüfschrittes mit Messung. Am Ende des gesamten Tests zeigt sie die abgelaufene Gesamtprüfzeit.
- Ein Hochspannungs-Warnsymbol erscheint während der Messung im Display, um den Bediener vor möglichen gefährlichen Spannungen zu warnen.

Erklärung der Anzeige:

DURCHSCHLAGSSPANNUNG DC			Name der Betriebsart
Parameter Einstellung:			
Ustart	1000V		Prüfspannung am Anfang – in 50 V-Schritten
Ustop	**2000V**		Prüfspannung am Ende – in 50 V-Schritten
Tstep	00min 00s		Zeitdauer eines Spannungsschrittes
Tend	00min 00s		Zeitdauer, für die erreichte Endspannung gehalten wird
Itrigg	1.000mA		Wert des Leckstromes, Durchbruch Schrittweite = 10 μA

Parameter für die Durchbruchspannungsprüfung:
- Sie erreichen das Parameter-Menu über die **AUSWAHL**-Taste, Anzeige siehe Bild 19.
- Wählen Sie einen Parameter mit den Tasten ↑ und ↓.
- Verändern Sie den Parameter mit den Tasten ← und →. In der Zeile kommen Sie zum nächsten (Sub-) Parameter mit Hilfe die **AUSWAHL**-Taste.
- Verlassen Sie das Parameter-Menu entweder durch Drücken die **ESC**-Taste oder die **START**-Taste, die unmittelbar auch eine Messung bewirkt. Auch durch Drehen des Funktionswahlschalters verlassen Sie das Menu. Eingestellte Werte werden gespeichert.

Bild 19. *Parameter-Menu für die Durchbruchspannungsprüfung*

Tstep und Tend sind unabhängige Timer. Die einstellbare Maximalzeit ist 30min 59s. Tend beginnt nach dem Ablauf der Zeitdauer für die letzte Rampe. Die Zeitdauer für aus Spannungsstufen bestehende Rampe errechnet sich mit Hilfe der folgenden Formel:

$T_{ramp} \approx T_{step} \cdot (U_{stop} - U_{start}) / 20\ V$

Wenn Tstep auf 00min 00s gesetzt ist, erhöht sich die Spannung alle 2 s um etwa 20 V

Warnung!

- **Lesen und beachten Sie die Vorsichtsriegels in Kapitel 3. Warnhinweise!**

6. Die Behandlung von Ergebnissen

6.1. Daten speichern - abrufen - löschen

Im Messgerät befindet sich ein batteriegespeister Datenspeicher, in dem Messergebnisse abgelegt werden können. Nach einer Versuchsreihe können dann beispielsweise die Daten abgerufen, ausgedruckt, auf PC übertragen und weiterverarbeitet werden.

Nach Drücken die **SPEICHERN**-Taste sehen Sie im Display z.B. das rechtsstehende Bild. Die Alternativen SPE (Speichern), LöS (Löschen) und ABR (Abrufen) werden angeboten.

SPE	LöS	ABR	nnnn

nnnn steht für eine 4-stellige laufend vergebene Speicher-Nummer für das Messergebnis

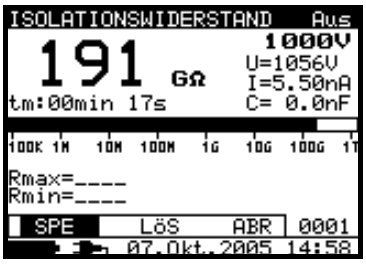


Bild 20. *Speicher-Menu*

Sie wählen eine der drei zur Auswahl stehenden Befehle mit Hilfe der Pfeile ← oder → :

- Speichern: **SPE** anwählen und mit Hilfe die **SPEICHERN**-Taste bestätigen.
- Abrufen: **RCL** anwählen und mit Hilfe die **SPEICHERN**-Taste bestätigen. Das letzte gespeicherte Ergebnis wird angezeigt. Das Menu wird duch den folgenden Schriftzug ersetzt:

ABRUFEN: 0006

  Die Zahl 0006 benennt den Speicherinhalt 6, der angezeigt wird. Mit Hilfe der Tasten ↑ und ↓ können andere Speicherzellen ausgewählt werden. Über **ESC** oder **Start** oder durch Betätigung des Wahlschalters verlässt man das Menu.
- Löschung des zuletzt gespeicherten Ergebnisses: Wählen Sie LöS und betätigen anschließend die **SPEICHERN-**Taste.

Zur Löschung des Gesamtspeichers lesen Sie bitte Kap. 4.2. Geräte-Grundeinstellung

Mit dem Messergebnis werden je nach Betriebsart auch Nebenergebnisse und Prüfparameter gespeichert. Welche dies sind, entnehmen Sie bitte der folgenden Tabelle.

Betriebsart	Gespeicherte Ergebnisse, Nebenergebnisse, Parameter
Spannung	Betriebsart Gemessene Spannung Frequenz der gemessenen Spannung Lfd. Nummer des gespeicherten Ergebnisses Datum * Uhrzeit *
Isolationswiderstand	Betriebsart Gemessener Isolationswiderstand Programmierte Prüfspannung Tatsächliche Prüfspannung - Gemessener Wert Tatsächlicher Prüfstrom - Gemessener Wert Kapazität des Prüflings Dauer der Prüfung Maximaler gemessener Widerstand Minimaler gemessener Widerstand Lfd. Nummer des gespeicherten Ergebnisses Datum * Uhrzeit *
Diagnose	Betriebsart Letzter gemessener Isolationswiderstand Programmierte Prüfspannung Aktuelle Prüfspannung - gemessener Wert Aktueller Prüfstrom - gemessener Wert Kapazität des Prüflings Gesamtdauer der Messung Isolationswiderstand, gemessen nach Ablauf der Zeit T1 Isolationswiderstand, gemessen nach Ablauf der Zeit T2 Isolationswiderstand, gemessen nach Ablauf der Zeit T3 Messung für DAR Messung für PI Wert von DD Lfd. Nummer des gespeicherten Ergebnisses Datum * Uhrzeit *
Durchschlagsspannung DC	Betriebsart Letzte gemessene Prüfspannung Prüfspannung zu Beginn der Messung Prüfspannung bei Ende der Messung Wert des programmierten Durchbruchstromes Aktueller Prüfstrom - gemessener Wert Programmierte Zeit für einen Prüfschritt Programmierte Zeit für letzte Spannungsstufe Tend Aktuelle Dauer der Prüfung (bis zum Ende oder Abbruch) Lfd. Nummer des gespeicherten Ergebnisses Datum * Uhrzeit *

Spannungsstufen	Betriebsart Letzter gemessener Isolationswiderstand Programmierte Prüfspannung Aktuelle Prüfspannung - gemessener Wert Aktueller Prüfstrom - gemessener Wert Kapazität des Prüflings Gesamtdauer der Messung 1.Schritt - Gemessener Widerstand und Prüfspannung 1. Schritt - Aktuelle Prüfspannung - gemessener Wert 2.Schritt - Gemessener Widerstand und Prüfspannung 2. Schritt - Aktuelle Prüfspannung - gemessener Wert 3.Schritt - Gemessener Widerstand und Prüfspannung 3. Schritt - Aktuelle Prüfspannung - gemessener Wert 4.Schritt - Gemessener Widerstand und Prüfspannung 4. Schritt - Aktuelle Prüfspannung - gemessener Wert 5.Schritt - Gemessener Widerstand und Prüfspannung 5. Schritt - Aktuelle Prüfspannung - gemessener Wert Lfd. Nummer des gespeicherten Ergebnisses Datum * Uhrzeit *

Merke:

- *Datum und Uhrzeit der Speicherung werden an den PC übertragen, wohingegen beim Datenabruf am Messinstrument Datum und Uhrzeit des Abrufs angezeigt werden.

6.2. Datenübertragung

Gespeicherte Messergebnisse mit den zugehörigen Nebenergebnissen und Parametern können an einen PC übertragen werden. Ein spezielles Programm versetzt den PC in die Lage, sich die Daten vom Messgerät abholen zu können.

Datenübertragung:

- Verbinden Sie das Messgerät mit dem COM Port des PC über das mitgelieferte Kabel.
- Schalten Sie PC und Messgerät ein.
- Starten Sie das Programm ***Teralink.exe***.
- PC und Instrument identifizieren sich automatisch gegenseitig.
- Mit Hilfe des Programms können Sie:
  - -- Daten herunterladen
  - -- den Speicher löschen
  - -- Programmierte Daten ändern und herunterladen
  - -- ein einfaches Formular generieren
  - -- eine Datei erzeugen, um die Daten in ein Arbeitsblatt zu importieren

Das Programm ***Teralink.exe*** läuft auf Windows 2000/XP.

7. Wartung

7.1. Überprüfung

Um die Sicherheit von mit dem Gerät arbeitenden Personen zu gewährleisten, ist eine **regelmäßige Inspektion des Gerätes sehr wichtig**. Prüfen Sie das Gerät, vor allem aber auch das Zubehör auf Beschädigungen oder Verunreinigungen. Sofern Sie Beschädigungen finden, kontaktieren Sie ein Servicecenter oder den Vertreiber oder den Hersteller.

7.2. Batteriewechsel

Das Messinstrument kann mit Batterien, wiederaufladbaren Akkus oder über Netz betrieben werden. Im großen LCD-Display finden Sie eine Anzeige für den Batteriezustand. Sobald der Entladezustand der Batterie angezeigt wird, ist der Batteriesatz zu ersetzen, bzw. das Gerät zur Aufladung der Akkus für ca. 14 Stunden ans Netz anzuschließen.

Merke:
- Nach dem Laden der Akkus (14h) muss das Gerät nicht vom Netz genommen werden. Ein Überladen der Akkus muss nicht befürchtet werden.

Die Batteriehalter befinden sich im Boden des Gerätegehäuses unter einem Deckel. Für den Batteriewechsel beachten Sie bitte folgendes:

- ♦ **Alle sechs Batterien sind zur gleichen Zeit zu wechseln und durch sechs gleiche Batterien zu ersetzen.**
- ♦ **Um die Gefahr des elektrischen Schlages zu vermeiden, entfernen Sie vor dem Öffnen des Batteriefaches alle Zuleitungen - Prüfleitungen und Netzkabel - von den Gerät und schalten es aus!**
- ♦ **Betreiben Sie das Gerät nicht mit Netzspannung, wenn Sie in der Batteriehalterung normale, also keine wiederaufladbaren Batterien eingesetzt haben. Diese könnten durch den Ladestrom zum Platzen gebracht werden.**

Die Nennspannungsversorgung ist 7.2 V DC. Verwenden Sie entweder 6 x NiCd oder 6 x NiMH Zellen der Größe IEC LR14 (Durchmesser = 26 mm, Länge = 50 mm). Siehe nächstes Bild für die richtige Position der Batterien.

Ein voller Satz Akkus versorgt das Gerät für ungefähr 20 Stunden

Merke:
- Normale Batterien der Größe IEC LR14 (Alkalien-Batterien) können als Ersatz der Akkus ebenfalls eingesetzt werden. **Allerdings vermeiden Sie dann unbedingt den Netzbetrieb, da die Batterien dann explodieren könnten.** Alkalien-Batterien von guter Qualität versorgen das Messgerät für ca. 60 Stunden mit der geforderten Energie.

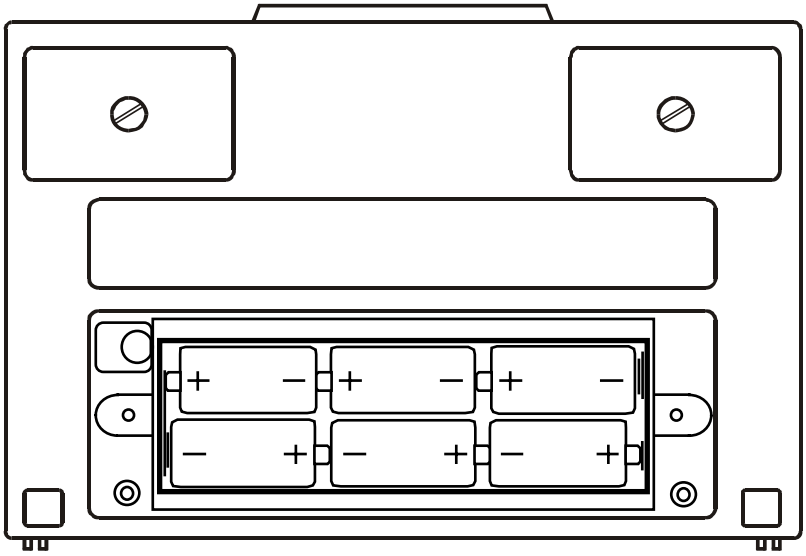


Bild 21. *Korrekte Polarität der eingesetzten Batterien oder Akkus*

Merke!

- Setzen Sie die Batterien in der richtigen Richtung ein. Andernfalls wird das Gerät nicht funktionieren; ggf. können sich die Batterien auch gegenseitig entladen!
- Falls das Gerät vorhersehbar für eine längere Zeit nicht benutzt wird, ist es sinnvoll und empfehlenswert, die Batterien aus dem Gerät zu entfernen.
- Beachten Sie die von den Herstellern der Batterien und dem Gesetzgeber herausgegebenen Vorschriften und Gesetze über die Behandlung und Entsorgung von Batterien.

7.3. Reinigung

Benutzen Sie ein weiches, leicht mit Seifenwasser oder Spiritus befeuchtetes Tuch für die Reinigung der Oberfläche des Gerätes. Lassen Sie das Gehäuse anschließend ausgiebig trocknen, ehe Sie es wieder benutzen.

Merke!

- Verwenden Sie keine Flüssigkeiten, die Benzin oder Kohlenwasserstoffe enthalten.
- Verschütten Sie bei der Reinigung keine Reinigungsflüssigkeit über das Gerät!

7.4. Kalibrierung

Alle Messgeräte sollten regelmäßig neu kalibriert werden. Bei gelegentlicher Nutzung empfehlen wir eine Rekalibrierung etwa einmal pro Jahr. Bei täglicher Benutzung kann eine Rekalibrierung nach sechs Monaten angebracht erscheinen.

7.5. Service

Für die Instandsetzung innerhalb der Gewährleistungsfrist oder außerhalb dieser Frist kontaktieren Sie bitte Ihren METREL-Vertriebspartner.

8. Spezifikationen

8.1. Messungen

Isolationswiderstand

Nennprüfspannung: Zwischen 250 und 5000 V
Strom aus dem Prüfgenerator: >1 mA
Kurzschlussprüfstrom: 1.4 mA max.
Automatische Entladung des Prüflings: ja
Messbereich für R_{iso}: 0.12 MΩ bis zu 5 TΩ*)

Anzeigeumfang R_{iso}	Auflösung	Genauigkeit
0 ÷ 999 kΩ	1 kΩ	±(5 % v.M. + 3 dig)
1.00 ÷ 9.99 MΩ	10 kΩ	
10.0 ÷ 99.9 MΩ	100 kΩ	
100 ÷ 999 MΩ	1 MΩ	
1.00 ÷ 9.99 GΩ	10 MΩ	
10.0 ÷ 99.9 GΩ	100 MΩ	
100 ÷ 999 GΩ	1 GΩ	
1.00 ÷ 5.00 TΩ	10 GΩ	

*Der maximal messbare Isolationswiderstand ist abhängig von der Prüfspannung nach folgender Formel:

$R_{FS} = 1T\Omega * U_{test}[kV]$

DC Prüfspannung:
Spannungswert: Jede Spannung zwischen 250 V und 5000 V in Schritten von 50 V.
Genauigkeit: -0 / +10 % +20 V.
Ausgangsleistung: 5 W max.

Anzeigeumfang der Prüfspannung (V)	Auflösung	Genauigkeit
0 ÷ 5000	1 V	±(3 % v.M. + 3 V)

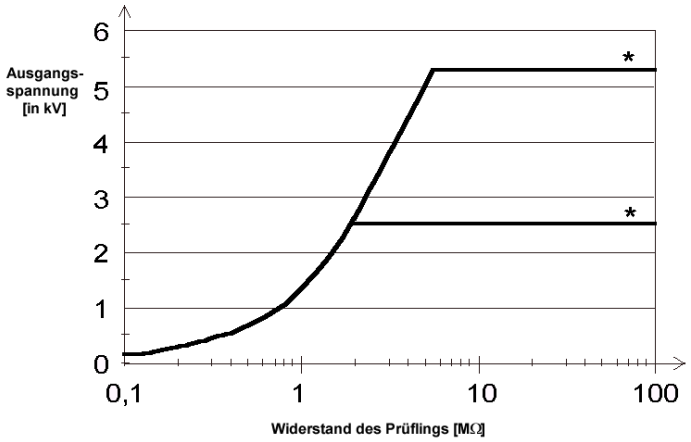
Strom:

Anzeigeumfang I (mA)	Auflösung	Genauigkeit
1 ÷ 1.4 mA	10 µA	±(5 % v.M. + 0.05 nA)
100 ÷ 999 µA	1 µA	
10 ÷ 99.9 µA	100 nA	
1 ÷ 9.99 µA	10 nA	
100 ÷ 999 nA	1 nA	
10 ÷ 99.9 nA	0.1 nA	
0 ÷ 9.99 nA	0.01 nA	

Störstromunterdrückung (Ohmsche Last)

Filter-Option	Maximalstrom @ 50 Hz (mA r.m.s).
Aus	1.5
Fil1	2.5
Fil2	4.5
Fil3	5

Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Last



* Beispiele gewählter Prüfspannungen

Durchbruchspannung

Spannung DC

Anzeigeumfang Durchbruchspannungsmessung (V)	Auflösung	Genau
0 ÷ 5500	1V	±(3 % v.M. + 40 V)

Leckstrom

Anzeigeumfang I_{trigg} (mA)	Auflösung	Genauigkeit
0 ÷ 1.4	1 μA	±(3 % v.M. + 3dig)

Spannung

Spannung AC oder DC

Anzeigeumfang für externe Spannung (V)	Auflösung	Genauigkeit
0 ÷ 600	1 V	±(3 % v.M. + 3 V)

Frequenz der externen Spannung

Anzeigebereich (Hz)	Auflösung	Genauigkeit
0 und 45 ÷ 65	0.1Hz	±0.2 Hz

Merke:

- Frequenzen zwischen 0 und 45 Hz Anzeige <45 Hz
- Frequenzen über 65 Hz Anzeige >65 Hz

Eingangswiderstand: 3 MΩ ± 10 %

Kapazitätsmessung

Messbereich C: 50 μF*

Anzeigeumfang C	Auflösung	Genauigkeit
0 ÷ 99.9 nF	0.1nF	±(5 % v.M. + 2dig)
100 ÷ 999 nF	1 nF	
1 ÷ 50 μF	10 nF	

*Der Messbereich für Kapazitäten ist bestimmt durch die Prüfspannung nach der Formel:

$C_{FS} = 10\mu F * U_{test}[kV]$

Dielektrisches Absorptionsverhältnis DAR

Anzeigeumfang *DAR*	Auflösung	Genauigkeit*
0 ÷ 99.9	0.01	±(5% v.M. + 2dig)

Polarisationsindex PI

Anzeigeumfang PI	Auflösung	Genauigkeit*
0 ÷ 99.9	0.01	±(5 % v.M. + 2dig)

Dielektrischer Entladungstest DD

Anzeigeumfang DD	Auflösung	Genauigkeit*
0 ÷ 99.9	0.01	±(5 % v.M. + 2dig)

Kapazitätsbereich für den Test von DD: 5 nF bis 50 µF.

8.2. Allgemeine Spezifikationen

Batterieversorgung ..... 7.2V – 9VDC (6×1.2V NiCd oder 6xNiMH Größe IEC LR14)
Netzversorgung ..... 230 V AC (+6/-10%) 45 Hz – 65 Hz, 25 VA
auf Sonderwunsch ..... 115 V AC (+6/-10%) 45 Hz – 65 Hz, 25 VA
Schutzklasse..... Doppelt schutzisoliert ⧈
Überspannungskategorie..... CAT III 600 V
Verschmutzungsgrad..... 2
Schutzart ..... IP 44
Abmessungen (b × h × t) ..... 26.5 × 11 × 18.5 cm
Gewicht (ohne Zubehör, mit Batterien)..... 2.1 kg
Optische und akustische Warnsignale..... ja
Display..... LCD (160x116 Punkte), beleuchtet
Speicher ..... Nicht-flüchtiger Speicher für 1000 Messungen mit Datum und Uhrzeit
Arbeitstemperatur ..... -10 ÷ 50 °C
Referenztemperaturbereich..... 10 ÷ 30 °C
Lagertemperaturbereich ..... -20 ÷ +70 °C.
Maximale rel. Luftfeuchte..... 95 % RH (0 ÷ 40 °C) nicht kondensierend
Referenz-Luftfeuchte ..... 40 ÷ 60 % RH

AUTOKALIBRIERUNG

Autokalibrierung des Messsystems ..... automatisch nach jedem Einschalten

ANSCHLÜSSE

Drei Sicherheitsbananenbuchsen..... +OUT, -OUT und GUARD
Innenwiderstand des Guardeinganges ..... 300 kΩ

ENTLADUNG

Nach der Beendigung jeder Messung
Entladungswiderstand: ..... 100 kΩ ± 10 %

SERIELLE SCHNITTSTELLE

RS 232 Serielle Schnittstelle..... Potentialfrei
Baudraten: ..... 2400/4800/9600/19200bd, 1 Stop, kein Parity
Stecker: ..... Standard RS232, 9-pin D weiblich

UHR

Eingebaute Echtzeituhr..... Permanente Anzeige und Speicherung mit dem jeweiligen Messergebnis